

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zpracování bioodpadu vermikompostováním

Processing of biowaste by vermicomposting

2018

Jana Miczková

Zadání bakalářské práce

Student: **Jana Miczková**
Studijní program: B3923 Materiálové inženýrství
Studijní obor: 3911R033 Recyklace materiálů
Téma: **Zpracování bioodpadu vermikompostováním.**
Processing of biowaste by vermicomposting.
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce.
2. Vypracování literární rešerše z domácí a zahraniční literatury k dané problematice.
3. Popis známých postupů při recyklaci bioodpadu.
4. Posouzení materiálových a technologických možností zpracování bioodpadu vermikompostováním.
5. Závěr – celkové hodnocení, perspektivy.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BOŽEK, F., URBAN, R., ZEMÁNEK, Z. Recyklace. MoraviaTisk Vyškov, Vyškov, 2003. 238 s. ISBN 80-238-9919-8
- [2] Rewas 2008, Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean technology. ISBN 978-0-87339-726-1
- [3] KURAŠ, M. Odpady, jejich využití a zneškodňování. SNTL 1995.
- [4] PELC, K. VERMIPRODUKTY – nový trend v péči o rostliny.
- [5] SLEJŠKA, A. Vermikompostování. Regena. 1999, 5, s.19. ISSN 1212-2289.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Silvie Brožová, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2017

Datum odevzdání: 07.05.2018


prof. Ing. Miroslav Kursá, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty



Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 6. Obsah BP |
| 2. Originál zadání BP | 7. Textová část BP |
| 3. Zásady pro vypracování BP | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 9. Přílohy |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. Matematické vzorce musí být číslovány (v kulatých závorkách). U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury. Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

- ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.
Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.
- ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahore: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

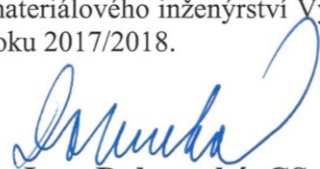
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě. Po vložení BP do IS EDISON bude provedena její kontrola na plagiátorství.

IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2017/2018.

Ostrava 13. 11. 2017


Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 – školní dílo);
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě *V. V. do 18*.....

Jana Giezková
.....
podpis (jméno a příjmení studenta)

PODĚKOVÁNÍ

Tato bakalářská práce byla řešena v rámci projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum – program udržitelnosti“ financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a SGS SP 2018/100.

Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při psaní této bakalářské práce, zejména vedoucí práce doc. Ing. Silvii Brožové, Ph.D., za podporu a odbornou pomoc při řešení dané problematiky.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřená na možnosti zpracování bioodpadu metodou vermikompostování. V posledních letech dochází ke stálému navýšení biologického odpadu. S tímto je spojena problematika skládkování tohoto materiálu. V práci jsou uvedeny vybrané metody zpracování bioodpadu. V návaznosti na problematiku biologicky rozložitelných odpadů jsem v praktické části ověřila možnosti metody vermikompostování. Práce si kladla za cíl poukázat na jednoduchou, avšak účinnou metodu nakládání s bioodpady, vhodnými pro domácnost. Dále jsem využila získané produkty recyklace jako jsou biohumus a tekuté hnojivo, pro pěstování rostlin.

KLÍČOVÁ SLOVA: recyklace; vermikompostování; kompostování; bioodpad; žížaly

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on options of bio waste processing through vermicompost method. In past few years there has been a noticeable growth in biological waste and therefore the problematic of bio waste landfilling has appeared. The thesis includes specific methods of the biowaste processing and the practical part focuses on the vermicompost problematics and options of performing this process. The purpose of this thesis is to show an easy yet very effective method of waste processing that can be used even at households. The products of the process – biofertilizer and liquid fertilizer have been used in plant growing afterwards.

KEYWORDS: recycling; vermicomposting; composting; bio waste; earthworms

OBSAH

Úvod	1
1. Současnost	2
2. Biologický odpad	3
2.1. Možnosti zpracování bioodpadu	3
3. Kompostování	4
3.1. Kompostování jako příprava materiálu k vermikompostování	7
4. Vermikompostování	7
4.1. Druhy žízal	7
4.2. Žízaly k výrobě vermikompostu	8
4.3. Faktory ovlivňující vermikompostování	10
4.4. Potrava	13
4.5. Systémy vermikompostování	15
4.6. Produkty vermikompostování	21
5. Praktická část	24
5.1. Založení vermikompostu	24
5.2. Průběh vermikompostování	25
5.3. Výsledky vermikompostování	30
Závěr	32
Seznam literatury a zdrojů	33

Úvod

Odpad je přirozená součást civilizace vzniklý lidskou činností. V minulosti to byl popel nebo keramika, v pozdějších dobách, kdy odpadu začalo přibývat se také odpad začal shromažďovat. Paradoxně první skládky jsou dnes velmi ceněnými archeologickými nalezišti, protože poskytují představu o tehdejší běžném životě. Největším problémem se stal odpad při vzniku velkých měst. Byl to možný zdroj nakažlivých chorob, což dokazuje i pohled do historie, kdy byly četné epidemie, například moru a cholery.

V přírodě lze nalézt biologický odpad, který je tvořen spadaným listím stromů, větvemi, trávou, odumřelými částmi stromů nebo trusem zvířat. Tento odpad nezatěžuje životní prostředí. Vše, co se vyprodukuje je následně po časovém odstupu, kdy dochází k rozkladu, využito ve formě živin.

Tuto myšlenku se dnešní společnost snaží převést do praxe, protože veškerá výrobní i nevýrobní činnost společnosti je doprovázena vznikem odpadu. Zavádíme maloodpadové postupy a technologie, které se snaží zmenšit produkci odpadu na minimum. Také využíváme různé druhy odpadu jako druhotný zdroj surovin pro snížení spotřeby primárních surovin a tím i snižujeme případný ekologický dopad na naši Zemi. Jako poslední přichází také energetické využití odpadu, ze kterého je už výsledný produkt - energie a teplo.

V roce 2015 byla zavedena povinnost třídit bioodpad. Jako prevence pro snížení množství odpadu, který je skládkován. Snaha zmírnit množství odpadu a také využití surovinového zdroje pokračuje dalším nařízením, které začne platit v roce 2024, zákon o zákazu skládkování směsného komunálního odpadu a recyklovatelných odpadů. Tímto nařízením vzniká problém, jak recyklovat odpad, až dosud ukládaný na skládkách.

Významnou složkou skládkovaného odpadu je bioodpad. Proto je jeho využití klíčové, pro snížení množství odpadu. V dnešní době máme různé možnosti, jak tento druh odpadu recyklovat. Nejběžnější je kompostování, které probíhá jak v soukromém, tak i ve veřejném sektoru. Další možností, která je méně známá je vermikompostování. Jedná se o nízkonákladový proces zpracování bioodpadu za pomoci živých organismů.

1. Současnost

V současné době je popularita vermikompostování na vzestupu. V České republice se nachází více jak 180 registrovaných maloprodukčních vermikompostů na serveru mapko.cz. Tato mapka vznikla za spolupráce organizace Kokoza, která si dala za cíl vytvořit tzv. „žížalí mapu“. Díky tomuto serveru mají možnost se propojit nadšenci pro vermikompostování a předávat si informace, zkušenosti nebo násady žížal [1].

V České republice od roku 1990 je založena velkoprodukční vermikompostárna Karel Pecl - Ekovermes. Zabývá se chovem kalifornských žížal, za účelem zpracování organických odpadů. Dále vyrábí organická a tekutá hnojiva [2].

V Evropě se nachází např. firma Growo, která působí v Litvě a zabývá se zpracováním odpadu vermikompostováním a výrobou organických hnojiv [3].

Firma Singapore Worm Composting se zabývá snížením masivního množství odpadu ve své zemi. Vznikla z nadšených zahrádkářů, kteří měli společný cíl, a to stát se ekologicky šetrnými. Jejich cílem je dostat do povědomí veřejnosti, jak být ekologicky šetrnější [4].

V Jihoafrické republice vznikl pro země, kde je nedostatek vody speciální vermikompostér (Obrázek 1). Ten umožňuje rozklad bioodpadu, dále pěstování rostlin, a především šetří vodu, které je v této lokalitě stále nedostatek [5].



Obrázek 1 – Vermikompostér k pěstování rostlin [5]

2. Biologický odpad

Biologicky rozložitelný odpad, dále jen BRO, představuje různorodé materiály ze širokého spektra lidské činnosti (zpracování dřeva, odpad z údržby veřejné zeleně, čistírenské a vodárenské kaly a odpad z domácností). Bioodpad lze definovat jako odpad, který jsme schopni aerobními či anaerobními procesy rozložit [21,22].

BRO je odpad s mnoha způsoby využití, avšak ve velké míře končí na skládkách. Velký podíl tvoří komunální odpad, jelikož separování bioodpadu nebylo až dosud spotřebitelům umožněno, tak jako separování skla, papíru a jiných složek odpadu. Problematika bioodpadu je řešena pomocí hnědých popelnic, zejména na vesnicích. Problém biologicky rozložitelného komunálního odpadu, dále jen BRKO, se týká především měst.

Legislativa stanovuje podmínky se zacházením s BRO, který byl již sebrán separovaně. Nesmí se ukládat na skládku a musíme jej zpracovat. BRKO ukládáme stále ve velké míře na skládky. Problémem je uložená vrstva, která podléhá anaerobnímu rozkladu a uvolňuje se z ní metan. Ten je znám jako jeden ze skupiny skleníkových plynů. Dokonce ke skleníkovému efektu přispívá 21x násobně více než hlavní skleníkový plyn – oxid uhličitý [6,26].

Biologický odpad je nevhodné spalovat. Látky podléhající hnilobě jsou druhým nejznámějším zdrojem chlóru v komunálních odpadech.

Při spalování tohoto odpadu, díky své vysoké vlhkosti a kvůli obsahu různých solí, se stává zdrojem pro tvorbu toxických plynů. Pokud je chlór přítomen v bioodpadu, vzniká kyselina chlorovodíková, chlorované uhlovodíky, dioxiny a furany [1].

Primárním nástrojem pro snížení biologicky rozložitelného odpadu je separovaný sběr, svoz a následné zpracování těchto odpadů.

2.1. Možnosti zpracování bioodpadu

Při zpracování organických odpadů využíváme sedm biotechnologických procesů (Tabulka 1). Tyto procesy používají interakci různých mikroorganismů nebo také vzájemné působení mikroorganismů a bezobratlých živočichů. Pomocí těchto procesů jsme schopni snížit objem a hmotnost odpadu, odpad hygienizovat nebo zmírnit únik skleníkových plynů [3,20].

Tabulka 1 – Aktuálně využívané biotechnologické procesy zpracování odpadu [7]

Technický postup	Typ odpadu
Kompostování	BRO a BRKO nekontaminované
Vermikompostování	zemědělské odpady, kaly z čističky odpadních vod (nekontaminované)
Aerobní termofilní zpracování	zemědělské odpady, kaly z čističky odpadních vod (nekontaminované)
Biologické sušení	BRO, kaly
Anaerobní zpracování (fermentace)	BRO (kromě dřeva)
Lihové kvašení	odpadní sacharidy
Mechanicko-biologické zpracování	komunální odpady

Jako výhodu můžeme považovat to, že tyto procesy jsou poměrně levné, a především přírodního charakteru. Ale jejich nevýhodou je, že se procesy vztahují pouze k organickým odpadům. Proces přeměny je pomalý a značně závisí na podmínkách prostředí.

3. Kompostování

Je to nejpoužívanější způsob zpracování biologicky rozložitelného odpadu. Je relativně finančně nenáročný a jeho další výhodou spočívá v efektivním využití odpadní biomasy.

Produktem kompostování je kompost, který nese řadu výhod jako je zpracování odpadu, jeho objemový úbytek, hygienizaci a proces obnovy a zlepšení úrodnosti půdy.

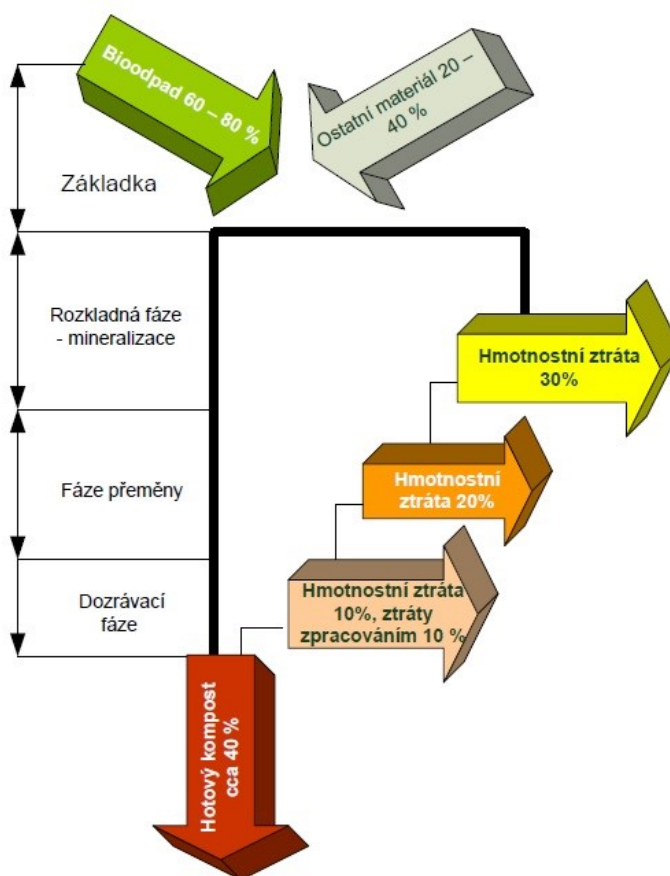
Pomocí kompostování jsme schopni zpracovat většinu biologicky rozložitelného odpadu. Při samotném procesu se využívá biodegradace. Jedná se o samovolný rozklad biologického materiálu ze složitějších látek na látky jednodušší. Tento proces je podmíněn aerobními bakteriemi, např. *Clostridium*, *Desulfomonile*, *Desulfitobacterium* [8,25].

Kompostování probíhá na izolovaných plochách, čímž se zabrání případné kontaminaci podzemní či povrchové vody. Na tyto plochy je svážen odpad a vrstven do hromad. Tento odpad již prošel přípravou, která spočívá v odstranění nebiologického odpadu a také dezintegraci materiálu řezáním a štěpkováním.

Dále musí vstupní materiál mít vyvážené složení dusíkaté a uhlíkové složky. Složení by mělo mít hodnotu C:N 35 – 40:1. Příslušné složení zaručuje činnost mikroorganismů a výživu rostlin dusíkem. V opačném případě dochází k ztrátám čpavkového dusíku a klesá produktivita mikroorganismů [9,24].

Vhodným materiálem pro kompostování jsou veškeré rostlinné odpady, znehodnocená krmiva zvířat nebo jejich odpady jako kejda, odpady z potravinářského průmyslu, ostatní organické odpady aj.

Kompostování probíhá ve 3 fázích. Jsou to: fáze rozkladu, fáze přeměny a fáze dozrávání (Obrázek 2).



Obrázek 2 – Princip kompostování [6]

Jednotlivé fáze kompostovacího procesu se vyznačují charakteristickým průběhem teplot, který úzce souvisí s činností mikroorganismů. Dosažení a udržení teplot je nezbytné pro hygienizaci kompostovaného materiálu (Obrázek 3).

Fáze rozkladu

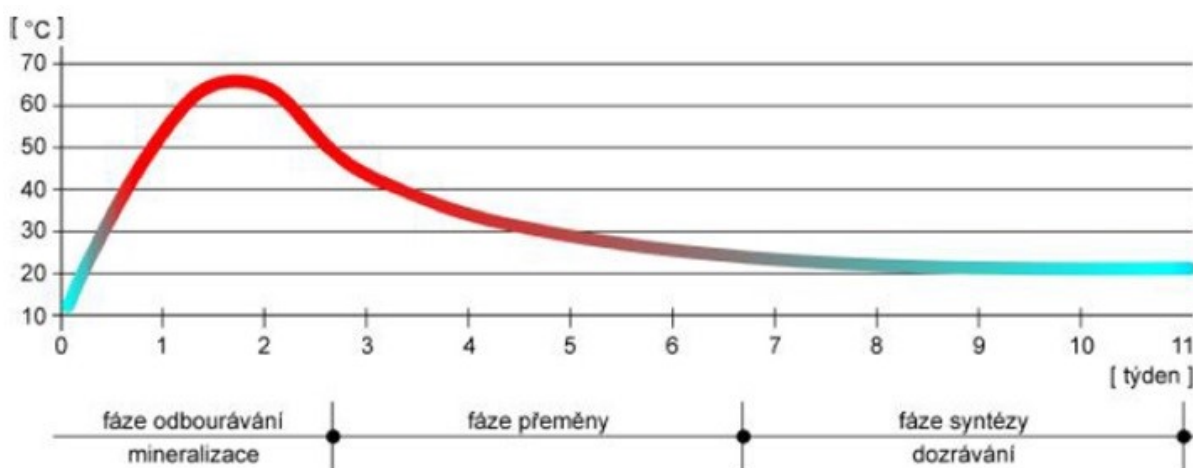
Tato fáze trvá 1. – 3. týden. Probíhá za přístupu vzduchu. V hmotě dochází k rozkladu bílkovin, škrobu a celulózy. Hmota se okyseluje a zároveň klesá její objem. Uvolňuje se teplo a substrát se zahřívá na teplotu 50 – 70 °C, proto ji také nazýváme jako termofilní fázi. Po celou dobu rozkladu je nutné substrát provzdušňovat [6].

Fáze přeměny

Charakteristické je pro tuto fázi snížení teploty na rozmezí 40 – 45 °C. Složení mikroorganismů se mění. Termofilní organismy ustupují a přichází houby a nenáročný hmyz. Počátek syntézy humusu. Fáze trvá 3. – 7. týden [6].

Fáze dozrávání

Délka fáze je 7. – 12. týden, v této době kompost již dozrává. Teplota postupně klesá na okolní teplotu a zaniká fytotoxicita. Kompost je hnědý a drobivý. Obsahuje drobný hmyz jako červy, hlísty, synky aj. Právě jejich exkrementy obohacují kompost [6].



Obrázek 3 – Optimální průběh teploty při kompostování [10]

Kompost slouží k obohacení půdy, kdy ho přidáváme v malých dávkách a lehce zapracujeme do půdy. Je vhodný pro všechny plodiny.

3.1. Kompostování jako příprava materiálu k vermikompostování

Kompostování je úzce spojeno s vermikompostováním, využívá se pro úpravu materiálu. Předkompostováním jsme schopni snížit obsahy nežádoucích prvků jako jsou soli nebo pesticidy. Také jsme schopni materiál hygienizovat pomocí termofilní fáze, která není u vermikompostování možná. V takovém případě se délka procesu pohybuje v rozmezí 1 – 7 týdnů [18].

Délka předkompostování je závislá na množství materiálu a obsahu škodlivých látek, které chceme snížit nebo odstranit. Materiál je částečně rozložen, zbaven nevhodných látek pro žížaly a hygienizován [11].

4. Vermikompostování

Vermikompostování je kompostování s využitím aktivity živých organismů. Slovo vermes je původem z latiny a znamená červ. Žížalový kompostér nám může pomoci s domácím odpadovým hospodářstvím. Vermikompostér není prospěšný jen pro snížení objemu bioodpadu, ale především se dále využijí jeho produkty k pěstování. Vzniklý biohumus má vysoké procento minerálů a prokazatelně rostlinám prospívá [19].

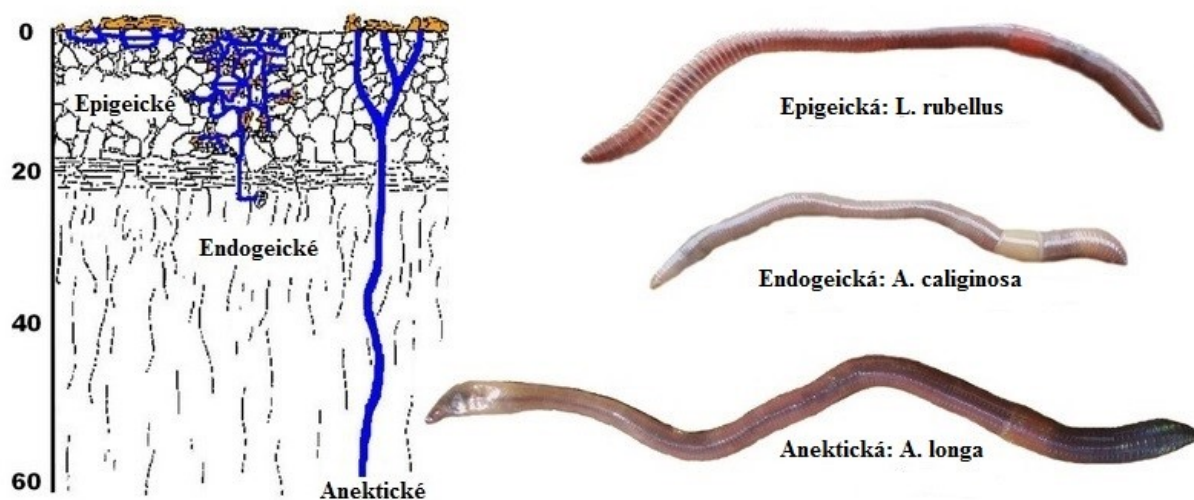
Vermikompostování je biooxidační a stabilizační proces přeměny organického materiálu. Využívající vzájemné působení žížal a mikroorganismů a neobsahuje termofilní fázi. Provzdušnění půdy, její rozmělnění a překopávání zabezpečují především žížaly, čímž se dá vermikompostování zařadit mezi nízkonákladové systémy [7,23].

4.1. Druhy žížal

Na světě se vyskytuje více než 3000 známých druhů žížal a odhaduje se, že téměř 2500 druhů žížal je dosud nepopsaných. Žížaly rozdělujeme podle výskytu do tří skupin (Obrázek 4).

1. **Anektické** – Také známé jako hlubinné. Tyto žížaly žijí hluboko v zemi až v minerálních vrstvách. Vytváří svislé chodby, které jsou trvalého charakteru. Na povrch půdy vylézají v noci, především při nedostatku potravy, kdy zatahují organickou hmotu do hloubky [12].

2. **Endogeické** – Tyto žížaly žijí u povrchu země, kde mají mělké nory. Živí se organickou hmotou v půdě a zřídka kdy se dostanou na povrch. Vytváří převážně horizontální chodbičky s krátkou trvanlivostí [12].
3. **Epigeické** – Tito dekompozitoři žijí na povrchu půdy a nemají trvalé nory. Živí se mrtvými těly jiných organismů a rozkládají organickou hmotu. Jsou krátkověké, ale jejich reprodukční cyklus je rychlý. Vlastnosti této skupiny se využívají při vermikompostování [12].



Obrázek 4 – Rozdělení žížal podle výskytu [12]

4.2. Žížaly k výrobě vermikompostu

V první polovině 20. století začali v USA s výzkumem s cílem najít žížalu, která by posloužila průmyslu ve zpracování organického odpadu. Výsledkem výzkumu byla červená kalifornská žížala, také nazývaná jako kalifornský hybrid červený.

Jedná se o vyšlechtěnou formu. V laboratorních podmínkách bylo zjištěno, že kalifornská žížala vydává větší množství oxidu uhličitého na jednotku hmotnosti těla než žížala hnojní. Z tohoto můžeme vyvodit, že životní pochody kalifornské žížaly jsou rychlejší, a tedy spotřebuje větší množství potravy na jednotku hmotnosti než žížala hnojní.

Mimo žížalu hnojní a kalifornského hybrida se také mohou využívat asijské a africké druhy žížal, tyto druhy jsou však pro naše podmínky nevhodné, a to hlavně pro vysoké nároky na teplotu prostředí [13].

Kalifornský hybrid červený

Kalifornské žížaly se živí především tlející masou, která se nachází na povrchu. Jsou docela náročné na velké množství potravy, a proto není vhodné je vypouštět do našeho prostředí. Jak z důvodu legislativy, tak proto, že by zde nemusely přežít.

Tyto žížaly (Obrázek 5) jsou hermafrodité, proto se můžou pářit všichni dospělí jedinci a jejich reprodukce je tedy podstatně rychlejší. Po oplodnění kladou 2 až 3 vajíčka do kokonů. V tomto stavu setrvávají přibližně 20 dní a poté se vylíhnou. Další necelý měsíc žížaly dorůstají do dospělosti. V dobrých podmínkách se žížaly dožívají necelých 2 let. Maximální délka jejich života je až 5 let. Dospělý jedinec je 5 – 10 cm dlouhý, 4 – 8 mm tlustý a váží okolo půl gramu [13].

S přihlédnutím k velmi rychlé reprodukci v ideálních podmínkách můžeme očekávat že se každých 60 až 90 dnů zdvojnásobí populace. Ale pouze pokud jsou splněny následující podmínky:

- Dostatek potravy
- Obsah vlhkosti mezi 70 a 90 %
- Teploty udržované v rozmezí 15 a 30 °C
- Počáteční hustota osazení vyšší než 2,5 kg/m², ale ne více než 5 kg/m²



Obrázek 5 – Kalifornský hybrid červený

4.3. Faktory ovlivňující vermikompostování

Vermikompostér můžeme mít v bytě, domě nebo mimo ubytovací prostor. Důležité je vždy zajistit optimální podmínky. V zimě by se neměl nechávat vermikompostér venku, anebo ho dostatečně zaizolovat, aby nedošlo k úhynu žížal. V létě by se neměl nechávat na přímém slunci, aby nedocházelo k vypařování vody a k přehřátí. Žížaly mají specifické nároky na teplotu a vlhkost (Tabulka 2).

Jejich konzumní schopnosti jsou závislé na podmínkách prostředí. Pokud se dostanou do nepříznivých podmínek množství přijaté potravy klesá. Dalším faktorem je vyváženost potravy, pokud je dostatečně výživná, tak žížaly mají menší spotřebu.

Tabulka 2 – Nároky na životní prostředí [7]

	Hodnoty		
	Minimální	Optimální	Maximální
Teplota [°C]	7	19 - 22	33
Vlhkost [%]	60	72 - 82	90
pH	6	6,5 - 7,5	8

Teplota

Žížaly mohou přežít teploty kolem 0 °C i krátké mrazy, ale v těchto nízkých teplotách se nereprodukuje a konzumují malé množství potravy. Jejich kokony jsou schopné přežít i delší doby mrazů a zůstávají i nadále životaschopné.

Žížaly jsou aktivní od 7 °C, ale největších výkonů dosahují při teplotách okolo 20 °C. Kalifornský hybrid však dobře snáší teploty dosahující 33 °C.

Vlhkost

Vlhkost je pro žížaly důležitá. Dýchají pomocí pokožky, a proto musí mít vlhké prostředí. Pokud se jejich pokožka vysuší, zahynou. Jednoduchou pomůckou pro poznání dostatečné vlhkosti je vzít do hrsti kompost a pokud po sevření drží tvar, je vlhkost dostatečná.

Pokud je vlhkost nadbytečná můžeme ji snížit přidáním materiálu suchého charakteru, např. kousky lepenky, piliny či slámu. Můžeme také rozložit různorodý materiál, a tak provzdušnit kompost a zabránit případnému hnití, kvůli nadbytečné vlhkosti.

Opačným problémem je nedostatečná vlhkost, která může mít za následek úhyn žížal. Pro zavlažení stačí substrát pokropit vodou nebo přidat mokrou lepenku. Důležité je, aby nevznikla souvislá vrstva vody.

Provzdušnění

Dostatečný přísun kyslíku je pro žížaly nezbytný. Žížaly samy provzdušňují kompost a vytváří v něm chodbičky. Zde záleží na materiálu, kterým jsou krmeny. Na jeho pórovitost a velikost částic. Materiál může být velmi hutný a v takovém případě je nutné pomoci žížalám kompost překopat a provzdušnit.

pH

Přesažení limitních hodnot pH má za následek uhynutí žížal do několika dnů. Žížaly preferují pH 7 nebo mírně vyšší. Z výzkumu Nova Scotia bylo zjištěno, že pro žížaly je ideálním pH v rozsahu 7,5 – 8 [14].

Soli

Žížaly jsou velmi citlivé na sůl. Koncentrace rozpuštěných solí nesmí přesáhnout 0,5 %. Pokud se používá jako krmivo hnůj s vysokým obsahem solí, a je přiváděno z vrchu, žížaly se mu jednoduše budou vyhýbat po dobu, než dojde ke snížení jejího obsahu. Ke snížení může dojít zaléváním nebo srážkami. Pokud je hnůj používán jako podestýlka, musí nejprve dojít ke snížení obsahu solí. To můžeme provést tak, že tekoucí voda protéká přes hnůj po určitou dobu. Dále můžeme využít předkompostování umožňující snížení obsahu solí, ale také dalších nežádoucích látek [14].

Čpavek

Obsah čpavku nad 0,1 % je pro žížaly smrtící. Žížaly postupně zpracovávají materiál na exkrementy. Prostředí, kde převažuje obsah exkrementů je pro žížaly jedovaté, a proto se stěhují na jiná místa. Jestli je znemožněn přesun přestávají se rozmnožovat, snižuje se jejich hmotnost a následně uhynou [14].

Škůdci

Žížaly, které používáme k vermikompostování nejsou vystaveny chorobám způsobené mikroorganismy, ale největší nebezpečí tvoří zvířata a hmyz.

Tyto problémy se týkají především vermikompostování probíhající na volných plochách a je dobře přístupné pro jiná zvířata.

- **Krtci** – Žížaly jsou přirozenou potravou krtků, proto pokud se do chovu dostane krtěk, můžeme velmi rychle ztratit mnoho žížal. Toto je obvyklé pro vermikompostování na záhonech. Lze tomuto předejít pomocí nějaké bariéry, např. pletivo.
- **Ptáci** – Nebývají považovány za velkou hrozbou, avšak pokud objeví plochu, kde je dostatek žížal začnou se pravidelně chodit přikrmovat. Nejčastěji to bývá problémem vermikompostování na volné ploše. Proto tyto plochy jsou zastřešeny, kde střecha splňuje funkci ochranou, tak i snižuje odpaření vlhkosti při vysokých teplotách nebo vyplavení při srážkách.
- **Stonožky** - Živí se drobnými živočichy a jejich kokony. Jejich napadení bývá jen lehké, protože se v záhonech nerozmnožují. Předejít se jim nijak nedá, ale jejich odstranění není složité. Záhon zaplavíme vodou tak, aby stonožky byly na hladině, ale nepřelíváme a nijak neprohrabáváme, abychom nepřišli i o žížaly. Z vodní hladiny je můžeme vysbírat nebo pomocí ručního hořáku zlikvidovat.

- **Mravenci** – Tento hmyz konzumuje potravu určenou žížalám. Obzvlášť jsou přitahovány cukrem. Jako prevenci lze použít potravu, která neobsahuje mnoho cukrů a také udržovat hodnotu pH mírně zásaditou, tedy nad 7.
- **Roztoči** – Máme mnoho druhů, ale pro vermikompostování jsou nebezpeční roztoči červení. Jsou to parazité a napadají žížaly. Nasávají krev nejen z dospělých jedinců, ale i z kokonů. Nejlepší obranou je neutrální nebo vyšší pH. To lze provést udržením vysoké vlhkosti a podle potřeby přidáním uhličitanu vápenatého.

4.4. Potrava

Potrava pro žížaly v kompostéru je složena především z bioodpadu. Vhodné je používat odpad, který již neobsahuje patogenní mikroorganismy. U těžko rozložitelných látek se využívá předkompostování. Materiály s velkým obsahem volných amoniaků a proteinů nejsou vhodné.

Tak jako u kompostování je i při vermikompostování důležitý poměr uhlíku a dusíku v kompostovatelných organických odpadech. Obecně můžeme říct, že organický materiál hnědé barvy je bohatý na uhlík, zelený zas na dusík (Tabulka 3).

Tabulka 3 – Obsah uhlíku a dusíku v organických materiálech

Materiál bohatý na C	Poměr C:N	Materiál bohatý na N	Poměr C:N
piliny	400:1	zahradní odpad	30:1
karton	350:1	seno	25:1
papír	170:1	odpad ze zeleniny	25:1
sláma	84:1	tráva	20:1
listí	60:1	koňská mrva	18:1
skořápky ořechů	35:1	kravská mrva	16:1
dřevo	25:1	moč	1:1

Bioodpad je potřeba rozmělnit na menší kousky, ideálně o velikosti do 5 cm. Větší kusy musí být měkké a dostatečně vlhké, aby je žížala dokázala rozmělnit, ale čím menší kousky budou, tím rychleji a lépe proces rozkladu proběhne. Aktivita žížal je nepříznivě ovlivněna přítomností pesticidů, těžkých kovů nebo organického znečištění.

Žížaly svou potravu po navadnutí a napadení rozkladnými bakteriemi a houbami nasávají pomocí ústního otvoru. Takto zvětšují povrch organických zbytků a ten je následně osídlován mikroorganismy. Zvýšení počtů a aktivity mikroorganismů nastává již při průchodu trávicím traktem žížal (Tabulka 4).

Tabulka 4 – Změny v počtech a aktivitě bakterií při průchodu trávicím traktem [7]

Počty a aktivita bakterií	Půda	Trávicí trakt	Exkrementy
Počet bakterií v 1 g suché hmoty	10^6	10^8	10^{10}

Do kompostéru lze přidat téměř veškerý kuchyňský odpad. Nejlépe stravitelnými potravinami jsou ovoce a zelenina včetně slupek. Slupky z citrusů by neměly být chemicky ošetřeny. Jinak jejich rozklad je zdoluhavý a zpravidla začnou plesnivět. To však pro žížaly není nebezpečné. Takové kousky je vhodné zahrabat hlouběji do kompostu.

V omezené množství můžeme přidat papír, lepenku nebo seno. Těmito suchými materiály můžeme ovlivnit přebytečnou vlhkost v kompostu. A však u papíru a lepenky je důležité, aby nebyl barevný v podobě časopisů nebo jinak chemicky upravován jako voskový papír.

Červené kalifornské žížaly jsou vyšlechtěny pro trávení bioodpadu, na rozdíl od našich žížal hnojnic. Proto je pro ně obtížné přežívat v prostředí kde je vysoký obsah jílovitých částic a písku. Do vermikompostéru můžeme v omezeném množství přidávat hlínu, např. z květináčů, ale podíl by neměl být nikdy vyšší, než je stravitelné složky.

Nevhodné suroviny z kuchyňského odpadu, jako jsou mléčné výrobky a maso, žížaly nejsou schopny rozložit. Proto se tyto suroviny zpracovávají fermentací. Kvašená, vařená a tekutá jídla nejsou vhodná. Mohou obsahovat vyšší podíl soli, který je pro žížaly nebezpečný. Tabulka 5 znázorňuje rozdělení materiálu podle jeho vhodnosti do vermikompostéru.

Po vložení krmení do kompostéru je vhodné jej zahrnout částečně hlínou, aby žížaly měly snadnější přístup k potravě. Pokud dojde k plesnivění horní vrstvy odpadu, stáčí plesnivějící kousky lépe zahrabat do substrátu. Žížaly jsou schopné houbová vlákna trávit, pomocí enzymů dokážou zničit choroboplodné zárodky, bakterie i viry.

Žížaly krmíme jednou až dvakrát týdně. 1 kilo žížal zkonsumuje 0,5 kila potravy denně. Objem bioodpadu se postupně zmenšuje na 1/3 až 1/4 svého původního objemu

Tabulka 5 – Vhodné a nevhodné materiály pro vermikompostování

Vhodné	Nevhodné
zbytky ovoce a zeleniny včetně slupek	mléčné výrobky
slupky od cibule a česneku	maso a kosti
skořápky vajec	mastná jídla a tuky
čajové sáčky	kvašené, vařené, tekuté zbytky jídel
kávový filtr i sedlina	impregnované dřevo
zbytky suchého pečiva	vata
ubrousky a kapesníky	popel
papír a lepenka	textil
odpad z klecí domácích zvířat	cigarety
květiny	barevné tiskoviny, časopisy
seno, tráva, listí	kovy, plasty
opotřebená zemina z květináčů	léky a chemikálie

4.5. Systémy vermikompostování

Vermikompostování můžeme rozdělit podle technologického postupu, přičemž tyto postupy nabízí další varianty postupů.

- a) **Maloprodukční** – Můžeme zde zařadit především malé kompostéry, které se využívají ke zpracování kuchyňského odpadu přímo v domácnostech, školách nebo kancelářích [15].
- b) **Velkoprodukční** – Zde spadají jednoduché technologické systémy, jako je vermikompostování plošné nebo v ohraničeném prostoru. Ale také složitější technologické systémy, kam patří vermikompostovní s kontinuálním procesem nebo kompostování ve dvoudomém vermikompostéru [15].

Při využití jakékoli varianty je nutné zajistit optimální prostředí pro nejdůležitější součást vermikompostu – pro žížaly.

Domácí vermikompostér

K vermikompostování můžeme použít jednoduchou nádobu, která udrží žížaly i kompostovaný materiál. V dnešní době jsou k zakoupení pro domácí vermikompostování již designově řešené kompostéry (Obrázek 6). Také je lze jednoduše vyrobit pomocí krabicových boxů (Obrázek 7). Obě varianty spojuje stejné rozložení a provedení pater, které je nezbytné pro správný průběh vermikompostování.



Obrázek 6 a 7 – Druhy domácích vermikompostérů [16]

Vermikompostér se skládá z podstavce, kde se nachází zásobník s kohoutkem na odvod tekutiny. Do podstavce se také umísťuje filtrační síto z buničiny, které zabrání případnému propadnutí žížal na samé dno.

Následuje I. patro, kde umísťujeme podestýlku. Ta se skládá z trávy, listí, vlhčeného papíru nebo rašeliny. Na podestýlku vložíme násadu žížal a vhodnou potravu.

Pokud je toto první etapa vermikompostování, tak následuje už jen víko pro zavření. To dáváme vždy na nejvyšší patro bez ohledu na počet pater.

Po naplnění I. patra nebo zpracování obsahu na humus, umístíme II. patro, do kterého začneme vkládat další bioodpad. Žížaly se z hotového vermikompostu přestěhují do vyššího patra, kde se začnou krmit dalším bioodpadem a celý proces opakují. Během procesu zpracování se vytváří tekutina, která samovolně stéká do nejnižšího patra. Je ji nutné průběžně odebírat.

Podle množství bioodpadu můžeme mít více pater, ty kolují dokola. Patra přidáváme po naplnění předešlého a odebíráme po dokončení vermikompostu.

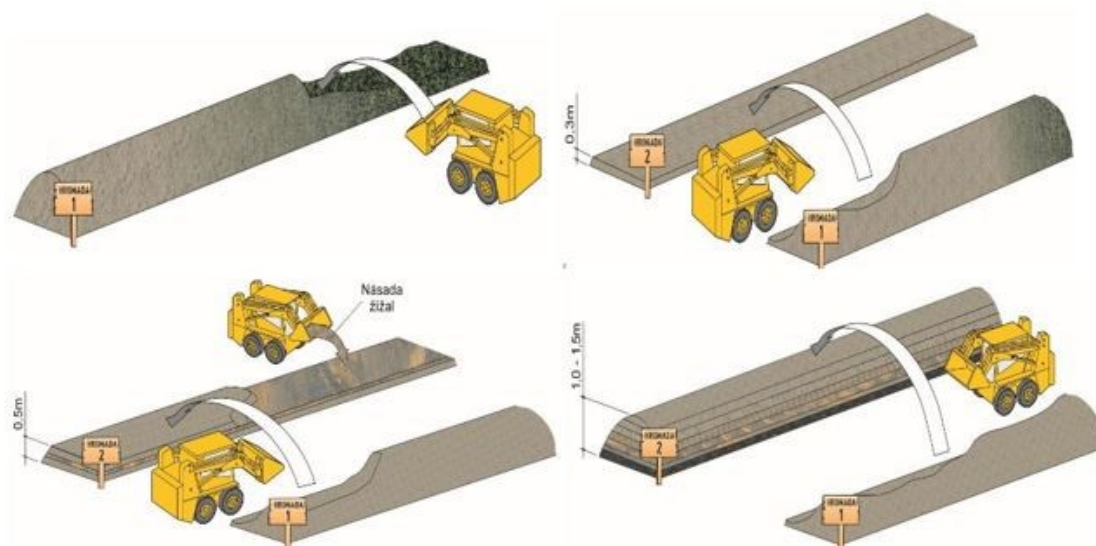
Vermikompostování v pásových hromadách na volné ploše

Tento typ není příliš nákladný ani technicky složitý. Nejjednodušším způsob venkovního vermikompostování je uspořádání do řad nebo hromad, kterým musíme poskytnout dostatečnou vlhkost.

V první fázi je homogenizovaný bioodpad složen na pásovou hromadu bez žížal, kde začne probíhat kompostovací proces, kde dochází k předkompostování potravy. Po dokončení termofilní fáze je odebrána část hromady a použita pro vytvoření druhé hromady. Následně je první hromada doplněna bioodpadem. Do druhé hromady je vsazená násada žížal kalifornských, která je rovnoměrně rozprostřena po povrchu hromady a založena vrstvou bioodpadu z první hromady. Po dokončení procesu nesmí výška druhé hromady překračovat 0,5 m.

Po dvou týdnech potřebných k aklimatizaci žížal se v časových intervalech vrství další vrstvy o tloušťkách 0,5 m z první hromady do dosažení celkové výšky 1 – 1,5 m druhé hromady. Předpokladem pro vrstvení je monitorování teploty a dodržení maximální teploty 35 °C (Obrázek 8).

Přikrmování žížal probíhá tak, že suroviny jsou přidávány na hromadu po celé ploše v přibližné vrstvě 20 cm během dvou týdnů, 40 cm během tří týdnů nebo ve vrstvě 10 cm během jednoho týdne. Při tomto procesu žížaly putují k čerstvé vrstvě, kde dále zpracovávají potravu.



Obrázek 8 – Zakládání vermikompostu v pásových hromadách na volné ploše [15]

Mínusem tohoto zpracování je vyšší množství požadovaných pracovních operací jako je průběžné krmení. Dalším negativním faktorem je vliv povětrnostních podmínek na vermikompost. Za následek má mírné zpomalení procesu tvorby biohumusu [15].

Vermikompostování v ohraničených záhonech

Tento způsob vede k ochraně hromad proti povětrnostním vlivům a prodlužuje aktivitu žížal i za nižších teplot. Problémem je nutnost vlhčení chovu při vyšších teplotách.

Nejsložitější pracovní operací je oddělení žížal od hotového vermikompostu. První metodou je oddělení horní části hromady, která obsahuje žížaly. Odebraná část je použita pro založení další hromady. Druhou metodou, jak roztřídit žížaly je vytvoření nové hromady v těsné blízkosti již zpracované hromady. Žížaly samovolně přecházejí do nové hromady, kde je možnost další konzumace (Obrázek 9). Bohužel u obou způsobů dochází k mírné ztrátě žížal [15].



Obrázek 9 – Ohraničené záhony pro vermikompostování [15]

Vermikompostování ve Dvoumodulovém vermikompostéru

Podstata Dvoumodulového vermireaktoru spočívá ve složení ze dvou identických nádob, tzv. modulů. Technické řešení spočívá v mobilním způsobu.

Moduly lze použít na dvěma způsoby. V rozpojené verzi, kdy jsou moduly používány samostatně. Jeden je naplňován a následně v něm probíhá proces předkompostování bez žížal. V druhém modulu nastává vermikompostovací proces.

V poloze pevného spojení je nutné přemístit žížaly z jednoho modulu, ve kterém už byly suroviny zpracovány na vermikompost do druhého modulu, ve kterém jsou suroviny po fázi předkompostování. Ke spojení modulů se používá sponkový systém. Moduly jsou vedle sebe spojeny na dobu nezbytně nutnou pro přesun žížal za potravou, přes vystředěné perforované stěny, které jsou mezi moduly.

Pro zajištění optimálních podmínek je ve vermireaktoru vhodné sledovat proces kompostování, tudíž je dvoumodulový vermireaktor opatřen hlavním panelem, na kterém jsou umístěny řídicí jednotky a další zařízení fungující pro oba moduly (Obrázek 10). Každý z modulů je také osazen vlastním modulovým panelem [15].



Obrázek 10 - Dvoumodulový vermireaktor v rozpojeném stavu [15]

Vermikompostování ve vermikompostérech se souvislým procesem

V kontinuálních průtokových vermireaktorech zpracováváný bioodpad protéká od shora dolů. Pomocí modifikovaného rozmetadla nebo mobilního portálu přidáváme shora suroviny. Ve spodní části zařízení je po otevření hydraulické záklopký, mechanicky vybírán vermikompost, který prošel sítí (Obrázek 11).

Operace jsou monitorovány během celého procesu a řízeny automaticky. Každý den jsou žížaly krmeny předkompostovaným materiálem o velikosti několika milimetrů. Žížaly se zdržují v horní části, kde je čerstvá potrava a přísun vzduchu.

Populace žížal je udržována ve stálém rozmezí (staré umírají a nové se rodí). Vermireaktor je umístěn v temperované hale, vermikompostování probíhá celoročně [15].



Obrázek 11 – Vermireaktor se souvislým procesem [15]

4.6. Produkty vermikompostování

Vermikompostování má mnoho výhod ve srovnání s kompostováním běžnými metodami. Především se zkracuje délka procesu na třetinu, zvyšuje se stupeň humifikace a získáváme více produktů jako je biohumus, tekuté hnojivo známé jako žížalí čaj a žížaly.

Biohumus

Hlavním produktem vermikompostování je biohumus. Je to drobná, černá hmota bez zápachu, která je tvořena výkaly žížal. Jsou to drobné válečkové útvary o průměru kolem 1 mm. Díky přítomnosti růstových látek jako jsou gibereliny, cytokininy a auxiny je kladně ovlivněn růst rostlin. Biohumus obsahuje 50 – 60 % organických látek, z nichž asi 35 % tvoří humusové látky a z nich jsou kolem 17 % huminové kyseliny. Neobsahuje zbytky nerozloženého odpadu ani patogeny.

Huminové kyseliny jsou nejkvalitnější složkou humusových látek, protože poutají živiny v půdě a nejsou agresivní vůči minerálnímu podílu půdy. Fulvokyseliny jsou dobře rozpustné v půdních vodách a agresivní na minerální podíl půdy. Huminy jsou pevně vázány na minerální podíl půdy. Slouží jako tmel při tvorbě půdní struktury.

Přítomnost humusu v půdě vede k 6 – 7x vyššímu poutání živin v půdě než u jílovitých materiálů. Jsou důležitým faktorem pro drobnou strukturu půdy, která má příznivý vliv na vodní, vzdušný a tepelný režim. Dokáží odstranit jedovaté látky a částečně navazují i těžké kovy.

Díky biohumusu jsou rostliny chráněny před chorobami a zlepšují jejich růst. Dále se zrychluje doba dozrávání plodin o 1 až 2 týdny a také se 2krát až 10krát zvýší obsah vitamínu C. Tabulka 6 obsahuje srovnání živin obsažených v kompostu a vermikompostu. Můžeme říci, že pomocí vermikompostování jsme schopni dosáhnout kvalitnějšího hnojiva než kompostováním [17].

Tabulka 6 – Srovnání živin v kompostu a vermikompostu [9]

	Kompost	Vermikompost
Celkový dusík (N)	0,5 – 1,5	1,0 – 3,0
Celkový fosfor (P ₂ O ₅)	0,1 – 0,8	0,2 – 3,0
Celkový draslík (K ₂ O)	0,3 – 0,8	0,3 – 2,0
Vápník (CaO)	1,0 – 12,0	1,0 – 12,0
Hořčík (MgO)	0,2 – 3,3	0,3 – 3,3
Organická hmota	20 - 40	30 – 55
Poměr C:N	12 – 30:1	8 – 15:1
Hodnota pH	6,5 - 8	6,5 -8

Tekuté hnojivo

Vedlejším produktem při vermikompostování je tekuté hnojivo, jinak zvané jako žížalí čaj (Obrázek 12). Je to tekutina bohatá na minerály, huminové kyseliny a enzymy. Uvolňuje se během průběhu celého procesu, a proto je ji vhodné pravidelně odebírat.

Pro výrobu hnojícího postřiku nebo záливky je vhodné žížalí čaj zředit vodou v poměru alespoň 1:1. K zálivce můžeme vždy přidat žížalí čaj, ale není ho dobré používat bez zředění. V takovém případě může dojít ke spálení rostliny a následnému úhynu.



Obrázek 12 – Tekuté hnojivo před filtrací

Žížaly

Dalším vedlejším produktem při vermikompostování jsou namnožené žížaly. Můžeme je použít pro založení dalších vermikompostů nebo slouží jako krmivo pro drůbež či ryby. Také se využívají v dehydratovaném stavu pro přípravu moučky, která má vysoký obsah proteinů. Ta se využívá jako krmivo nebo pro poutání amoniaku v podestýlce zvířat. Dále se využívá ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu nebo se používá pro výrobu přípravku určených k čištění odpadních vod.

5. Praktická část

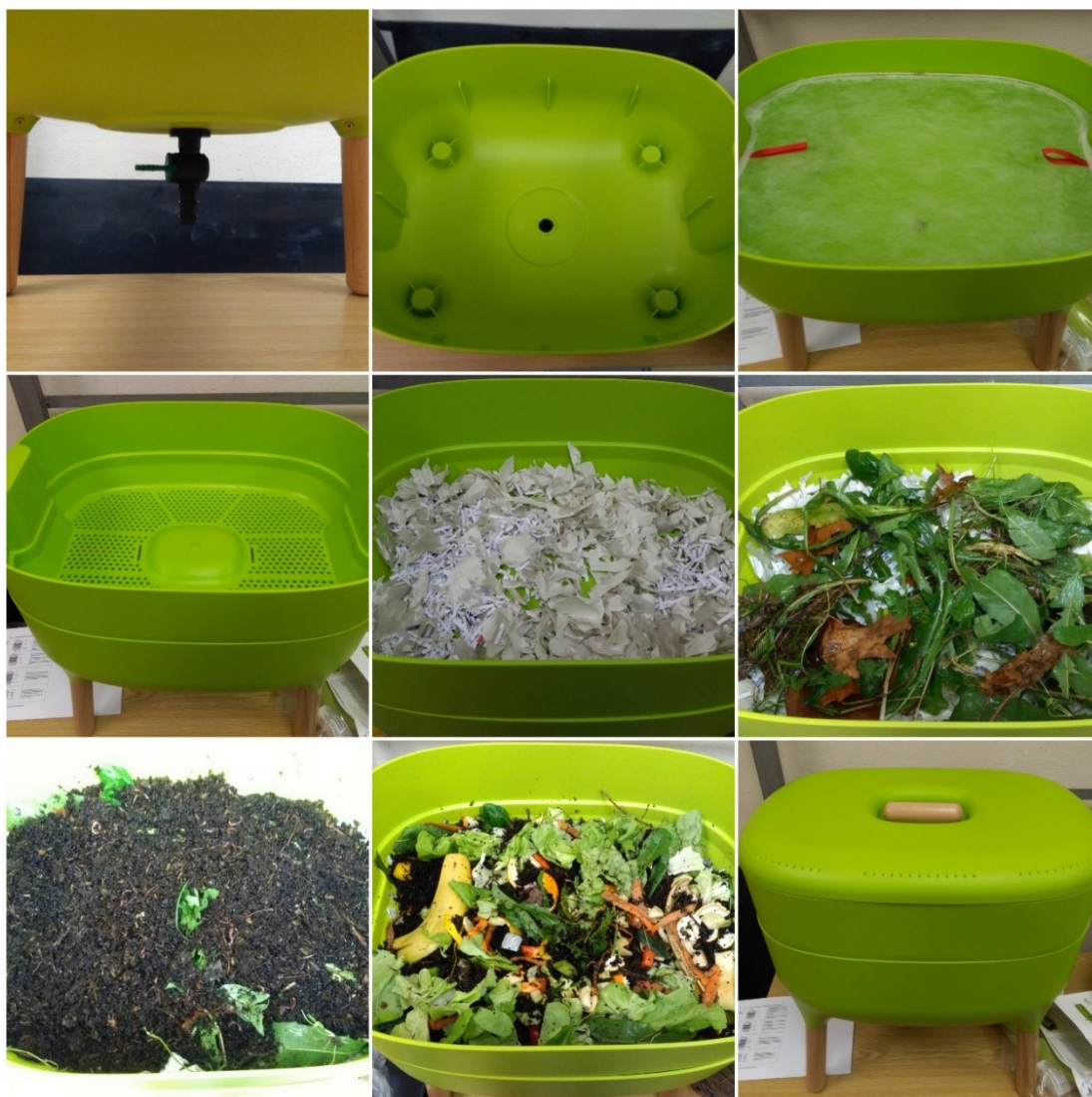
V návaznosti na neustále zvyšující se množství bioodpadu v komunálním odpadu, je praktická část zaměřena na přeměnu těchto látek na biohumus. Cílem je poukázat na možnost snížení množství bioodpadu v komunálním odpadu a jednoduchou metodou tento odpad přeměnit na biohumus, který je přirozenou součástí půdy. Praktická část byla řešena v laboratořích katedry Neželezných kovů, rafinace a recyklace, VŠB-TU Ostrava.

V této části bylo provedeno založení vermikompostu a následně po dobu 3 měsíců sledování vytváření biohumusu a vedlejších produktů. Primárním úkolem bylo vytvořit biohumus pomocí žížal, zajištění vhodných podmínek pro život a případné rozmnožení, které je známkou spokojenosti a nezbytné pro udržení populace ve vermikompostu. Sekundárním cílem bylo ověřit znalosti v praxi, kdy jsem zkoumala optimální skladbu potravy pro žížaly. Jako poslední jsem ověřila vliv biohumusu na vývoj rostlin.

5.1. Založení vermikompostu

Proces probíhal ve vermikompostéru Urbanlive. Ten se skládá ze tří pater. Ve spodní nádobě se nachází kohoutek pro vypouštění tekutého hnojiva. Dále se do něj vkládá filtrační síto, které zachycuje vzniklé hnojivo a také aby žížaly nepropadaly do spodní nádoby. Následuje druhá a třetí nádoba, které jsou na dně perforované, to umožňuje volný pohyb žížal za potravou, stékání vody a hnojiv do spodní nádoby a průchodu vzduchu. Na poslední nádobu se umístí víko, které udržuje vlhkost ve vermikompostéru.

Při zakládání vermikompostu jsem využila pouze dvě patra. Třetí nádoba se přidává po naplnění předchozích. Do perforované nádoby jsem umístila podestýlku z kousků papíru, trávy a listů a násadu žížal s rašelinou. Následně jsem přidala malé množství potravy. Předpokládá se, že žížaly po přesunutí konzumují menší množství potravy, dokud se nezahnízdí. Na Obrázku 13 můžeme vidět založení vermikompostu.



Obrázek 13 – Založení vermikompostu

5.2. Průběh vermikompostování

Po založení vermikompostéru jsem přikrmovala žížaly následující 3 měsíce. Sledovala vývoj žížal, kontrolovala jsem složení potravy a její přeměnu na biohumus. V Tabulce 7 jsou přehledně seřazeny údaje z přikrmování žížal a množství získaného produktu. Následuje bližší popis průběhu příkrmů a změn při vermikompostování.

Tabulka 7 – Přehled vermikompostování

Datum	Příkrm [g]	Složení příkrmu	Hnojivo [g, ml]
14.11.2017	950	tráva, listí, papír, násada	-
22.11.2017	312	slupky od zeleniny, skořápky vajec	-
27.11.2017	184	ovoce	-
4.12.2017	428	zbytky zeleniny, zemina	-
7.12.2017	150	kávová sedlina	-
11.12.2017	1200	kávová sedlina, ovoce a zelenina	-
18.12.2017	500	ovoce a zelenina, kávová sedlina, sáčky od čajů, papír	-
21.12.2017	1206	suché pečivo, slupka od cibule, zelenina	-
27.12.2017	1250	citrusy	-
3.1.2018	300	kávová sedlina, ovoce a zelenina	-
11.1.2018	-	-	750 ml tekutého hnojiva
15.1.2018	1170	zbytky zeleniny a zemina	300 g biohumusu
26.1.2018	1420	zbytky vařené zeleniny,	930 ml tekutého hnojiva
1.2.2018	528	citrusy	600 ml tekutého hnojiva
5.2.2018	-	-	
8.2.2018	1377	suché pečivo, zelenina	900 ml tekutého hnojiva
12.2.2018	679	zbytky zeleniny	
17.2.2018	-	-	150 g biohumusu 600 ml tekutého hnojiva

14.11.2017 – Založení vermikompostu s podestýlkou z kousků papíru, trávy a listí a násady žížal s rašelinou. Potravu tvořily zbytky ovoce a zeleniny, slupky a sáčky od čaje.

22.11.2017 – Žížaly se hnízí v čajových sáčcích. Na Obrázku 14 můžeme vidět, že předchozí příkrm je již rozložen. Přidala jsem kávovou sedlinu, čajové sáčky a slupky z jablek.



Obrázek 14 – Příkrm žížal

27.11.2017 – Příkrm žížal ovocem a zeleninou.

4.12.2017 – Začíná se vytvářet zápach, který značí, že něco není v pořádku. V nádobě je extrémní vlhkost, kterou jsem zmírnila přidáním především suchého materiálu jako jsou ústřížky papíru, dále jsem přidala zbytky suchých druhů zeleniny.

7.12.2017 – Vyskytují se noví jedinci, hnízdící v čajových sáčkích. Je to známka spokojenosti žížal s prostředím a potravou. Žížaly zpracovávají potravu rychleji a je nutné přidávat větší množství potravy pro přibývajících žížal.

11.12.2017 – Zápach zcela zanikl, vlhkost ve vermikompostu byla vyrovnána.

18.12.2017 – Tvoří se plíseň z citrusů (Obrázek 15). Přepřacování citrusů trvá žížalám nejdéle. Plíseň však je především estetický problém. Plesnivě kusy stačí zahrabat více do hloubky. Také může být problém s vyšší vlhkostí, proto jsem opět přidala i kousky papíru.



Obrázek 15 – Vzniklá plíseň při vermikompostování

21.12.2017 – Vzniká tekuté hnojivo, tzv. žížalí čaj.

27.12.2017 – Opět je podestýlka velmi mokrá a vytváří se bioplyn. Podestýlku jsem intenzivně provzdušnila a přidala materiál suchého typu.

3.1.2018 – Odebrala jsem 750 ml tekutého hnojiva. To obsahovalo drobné zbytky potravy a malý hmyz, následně jsem ho přefiltrovala a získala přírodní hnojivo (Obrázek 16).



Obrázek 16 – Filtrace tekutého hnojiva

15.1.2018 – Odebrala jsme 300 g biohumusu a provedla příkrm žížal ovocem a zeleninou. Na Obrázku 17 je biohumus, který jsem odebrala z vermikompostéru. Následně jsem oddělila žížaly, které propadly na filtrační síto, kde se právě biohumus zachycuje a produkt jsem dala vysušit.



Obrázek 17 – Biohumus po vysušení

26.1.2018 – Příkrm zeleninou, odebráno 930 ml tekutého hnojiva.

1.2.2018 – Příkrm a odebráním 600 ml tekutého hnojiva.

5.2.2018 - Začíná se tvořit zápach.

8.2.2018 – Odebráno 900 ml tekutého hnojiva, příkrm.

12.2.2018 – Příkrm žížal.

17.2.2018 – Ukončila jsem vermikompostování, žížaly byly odděleny od biohumusu a zbývajcího nedokompostovaného materiálu. Žížaly jsem darovala pro další vermikompostování. Bylo odebráno 150 g biohumusu. Nerozložený materiál byl přidán do kompostu.

5.3. Výsledky vermikompostování

Vermikompostování probíhalo v časovém úseku 14.11.2017 – 17.2.2018. Za toto období jsem získala 450 g biohumusu a 3780 ml tekutého hnojiva. Vedlejším produktem byla rozrůstající se populace žížal (Obrázek 18).



Obrázek 18 – Žížaly v biohumusu

Pro ověření, zda má na růst rostlin vliv složení zeminy. Jsem zasadila pažitku a hlávkový salát do tří substrátů s rozdílným poměrem hnojiva (Tabulka 8). Rostliny jsem pěstovala v období 8.2.2018 – 20.3.2018.

Tabulka 8 – Poměr substrátu při pěstování rostlin

Vzorky	Hlína [%]	Biohumus [%]
1	100	0
2	50	50
3	0	100

V 1. vzorku si rostliny vedly dobře, avšak byl vidět pomalejší růst oproti druhému vzorku. Nejlépe si vedly rostliny v 2. vzorku (Obrázek 19), kde je složení 50:50. Rostliny získaly minerální látky, které obsahuje právě biohumus. V 3. vzorku si rostliny vedly nejhůře. Hnojivo je poměrně kyselé a rostlinám se v něm nedaří.



Obrázek 19 – Rostliny zasazené do substrátu v poměru 50:50

Závěr

Problematika s odpady je aktuální téma. V tomto ohledu nás čekají jisté změny v legislativě, které nám dál znemožní skládkování odpadu. O to víc nás zajímá, jak můžeme předcházet tvorbě odpadu. Legislativa říká, že odpad, který vytvoříme v domácnosti, ale také zpracujeme není odpadem. Proto se nám nabízí hned několik řešení, jak předcházet tvorbě komunálního odpadu. Jednou z těchto možností je i vermikompostování.

Vermikompostování se v dnešní době stává populárnější a jeho obliba roste. Velký podíl nese celosvětová osvěta, která upozorňuje na velké plýtvání. Díky němu vzniká velké množství odpadů, která není kam ukládat a jejich zpracování se dosud intenzivně neřešilo. Domácí vermikompostery jsou řešeny, tak aby celý proces byl co nejméně náročný a údržba i čištění snadné. Pomocí domácích vermikompostérů, které dostali díky Jiřího Pelcla i designový vzhled se žížaly dostávají do domácností po celém světě.

V praktické části jsem se zabývala založením vermikompostu a produkcí biohumusu. Po dobu 3 měsíců jsem přikrmovala žížaly, které požitím potravy přeměňovaly odpad na biohumus. Jako vedlejší produkt jsem získala i tekuté hnojivo a namnožené žížaly. Dále jsem provedla pokus pro ověření vlastností biohumusu. Zasadila jsem rostliny do vytvořeného humusu v různých poměrech a pozorovala, zda bude mít toto složení vliv na rostliny. Pokusem jsem ověřila, že výživnost humusu je velká, ale není ho možné používat jako substrát, pouze pro přihnojení rostlin.

Díky této práci jsem se potýkala i s problémy které doprovází vermikompostování. Především zápach, který je značně limitující. Avšak ten se při správném průběhu nevytváří a jeho tvorbu lze eliminovat prokopáváním substrátu, tak aby nedocházelo k anaerobním procesům. Vermikompostování lze považovat za nízkonákladový proces, který lze provádět i v místech, kde běžné kompostování nepřipadá v úvahu.

Seznam literatury a zdrojů

- [1] Odpadové fórum. 2017, 18(9)
- [2] Karel Pecl - organická hnojiva pro ekologické zemědělství [online]. 2012 [cit. 2018-04-012]. Dostupné z: <http://www.ekovermes.cz/>
- [3] *Grow organic* [online]. 2016 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://groworganic.eu/>
- [4] Singapore Worm Composting [online]. 2013 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://worm-compost-bins.com>
- [5] GroPro Worm Farm Vertical Garden [online]. 2018 [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <https://gropro.co.za/>
- [6] BEŇO, Zdeněk. Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011. ISBN 978-80-214-4240-5.
- [7] TESAŘOVÁ, Marta. Biologické zpracování odpadů. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-420-4.
- [8] Biologické metody zpracování odpadu [online]. Ostrava [cit. 2018-04-07]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/index.html>
- [9] KALINA, Miroslav. Kompostování a péče o půdu. 2. upr. vyd. Praha: Grada, 2004. Česká zahrada. ISBN 80-247-0907-4.
- [10] Zvýšení půdní úrodnosti aplikací kompostu [online]. [cit. 2018-03-013]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3927&typ=html
- [11] Sborník přednášek k seminářům "Dejte šanci bioodpadu - získejte finanční prostředky z OPŽP". Praha: Ekodomov, 2009. ISBN 978-80-903559-6-5.
- [12] Science Learning Hub [online]. 2018 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/7-niches-within-earthworms-habitat>
- [13] ZAJONC, Ivo. Chov žížal a výroba vermikompostu. Povoda: Animapress, 1992.
- [14] MUNROE, Glenn. Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture. Canada: Organic Agriculture Centre of Canada, 2007.

- [15] HANČ, Aleš a Petr PLÍVA. Vermikompostování bioodpadů: (certifikovaná metodika). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013. ISBN 978-80-213-2422-0.
- [16] Pro ženy [online]. 2018 [cit. 2018-04-016]. Dostupné z: <https://www.prozeny.cz/clanek/kam-s-biologickym-odpadem-u-vas-doma-prece-do-vermikomposteru-10078>
- [17] MOŇOK, Branislav. Komunitní kompostování. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2008. ISBN 978-80-903548-7-6.
- [18] CLIVE, A. Edwards. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press, 2010, ISBN 978-14-398-0987-7.
- [19] BOŽEK, František, URBAN, Rudolf a ZEMÁNEK, Zdeněk. Reyklace. Výškov: Vysoký vojenská škola pozemního vojska, 2003. ISBN 80-238-9919-8.
- [20] PUSTĚJOVSKÁ, Pavlína, KARDAS, Edyta. Energenické využití odpadů s ohledem na životní prostředí / Odzysk energii w odniesieniu do środowiska. Monografie. VŠB-TU Ostrava, Centrum ENET, Ostrava: AMOS repro, spol. s. r. o., 2014. ISBN 978-80-248-3383-5.
- [21] BROŽOVÁ, Silvie, KONSTANCIÁK, Anna, VÁŇOVÁ, Petra, a další. Možnosti recyklace vybraných materiálů /Możliwość recyklingu wybranych materiałów. Monografie. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-880-9.
- [22] BROŽOVÁ, Silvie a další. Elektroodpad – analýza a možnosti využití. Monografie. VŠB-TU Ostrava, FMFI, Ostrava: Gep Arts s.r.o., 2008. ISBN 978-80-248-1867-2.
- [23] HONZOVÁ, Markéta, POKLEEMBOVÁ, Petra. Pozvěte žížaly domů na bioodpad s důvtipem. ZO ČSOP Veronica, 2014.
- [24] DIAZ, Luis F. Composting and recycling municipal solid waste. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. ISBN 0-87371-563-2.
- [25] AQUINO, John, ed. Waste age/Recycling times' recycling handbook. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. ISBN 1-56670-068-X
- [26] NILSSON, Lennart. Cleaner production: technologies and tools for resource efficient production. Uppsala: Baltic University Press, 2007. ISBN 978-91-975526-1-5.